

Conference Paper, Published Version

Siebenborn, Gerd

Direkte Baugrundaufschlüsse: Bohrungen, Methoden, Durchführung und Überwachung

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105516>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Siebenborn, Gerd (2008): Direkte Baugrundaufschlüsse: Bohrungen, Methoden, Durchführung und Überwachung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Baugrundaufschlüsse - Planung, Ausschreibung, Durchführung, Überwachung und Interpretation. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. V-1-V-24.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Direkte Baugrundaufschlüsse: Bohrungen, Methoden, Durchführung und Überwachung

Gerd Siebenborn, Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg
 Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg
 Telefon 040 / 81908-327, E-Mail: gerd.siebenborn@baw.de

Zusammenfassung

Die Aussagekraft eines Baugrundgutachtens ist letztlich abhängig von qualitativ hochwertigen Bodenproben und deren Laboruntersuchungen. Eine Baugrunderkundung ist abhängig sowohl von der Qualifikation der Bohrgeräteführer als auch von der eingesetzten Bohrgerätetechnik und der verwendeten Bohrtechnik. Gängige Bohrverfahren werden einander gegenübergestellt, bzgl. ihrer Anwendbarkeit beschrieben und ihr sinnvoller Einsatz erläutert.

Einleitung

In der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Dienststelle Hamburg, werden durch das Referat Geotechnik Nord u.a. Baugrund- und Gründungsgutachten zu Wasserbauwerken an Bundeswasserstraßen, wie Schleusen, Wehre und Dämmen, erstellt. Voraussetzung ist die Erkundung der Baugrundverhältnisse durch Bohrungen und Sondierungen.

Die Wasser- und Schifffahrtsämter führen die Auftragsvergabe für diese Erkundungsarbeiten durch; sie werden dabei durch die BAW fachtechnisch beraten. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen WSA und BAW bereits während der Ausschreibungsphase stellt eine einwandfreie **Ausführung der Baugrunderkundung** sicher, die die Grundlage eines aussagekräftigen Baugrundgutachtens ist (Bild 1); dies soll auch in der Ausschreibung der Bohr- und Sondierarbeiten klar zum Ausdruck kommen.

beschränkt sich diese Seminarunterlage nur auf gängige und heute im norddeutschen Raum praktizierte Verfahren.

Um eine ständige Aktualisierung dieser Unterlagen zu gewährleisten, möchte ich **jeden Seminarteilnehmer** bitten, mir Fragen und Anregungen aus der Bohrpraxis zukommen zu lassen.

Qualitätssicherung (QS) von Bohraufschlüssen	
WSA / WNA	Gutachter – BAW – Bohraufsicht
	<ul style="list-style-type: none"> - Festlegung Bohrprogramm - Angaben Probenentnahme
- Ausschreibungsentwurf	
	- Prüfung der Ausschreibung bzgl. geotechnischer Belange
<ul style="list-style-type: none"> - Ausschreibung - Vergabegespräch - Auftragserteilung 	- ggf. Beratung bei Vergabe
- Ankündigung Bohrarbeiten	
	<ul style="list-style-type: none"> - Überwachung Bohrarbeiten - Mängelfeststellung
Abstellen der Mängel	
- Abrechnung Bohrarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Prüfung der Probengüte - Prüfung der Probenzahl

Bild 1: Zusammenarbeit zwischen WSA / WNA und BAW

Baugrundaufschlussbohrungen und Probenentnahmen können in vielen Varianten durchgeführt werden. Deshalb



Aktuelle Normen (Stand Januar 2007)

ROT: Zurückgezogene Normen

Norm	Ausgabe	Beschreibung
DIN 1054	2005-01	Baugrund; Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1054 Berichtigung	2005-04	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau; Berichtigungen zu DIN 1054:2005-01
DIN 4020	2003-09	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
DIN 4020 Beiblatt 1	2003-10	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke; Anwendungshilfen, Erklärungen
DIN 4021	1990-10	Baugrund; Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
EN ISO 22475-1	2007-01	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2006
DIN 4022-1 DIN 4022-2 DIN 4022-3		Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels
DIN 4023	2006-02	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
DIN 4943	2005-12	Zeichnerische Darstellung und Dokumentation von Brunnen und Grundwassermessstellen
EN ISO 14688-1	2003-01	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung
EN ISO 14688-2	2004-11	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen
EN ISO 14689-1	2004-04	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels - Teil 1: Benennung und Beschreibung
DIN 4094-1	2002-06	Baugrund - Felduntersuchungen - Teil 1: Drucksondierungen
DIN 4094-2	2003-05	Baugrund - Felduntersuchungen - Teil 2: Bohrlochrammsondierung
EN 22476-2	2005-04	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen
EN 22476-3	2005-04	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 3: Standard Penetration Test (ISO 22476-3:2005)
DIN 4094-4	2002-01	Baugrund - Felduntersuchungen - Teil 4: Flügelscherversuche
DIN 4094-5	2001-06	Baugrund - Felduntersuchungen - Teil 5: Bohrlochaufweitungsversuche

DIN EN ISO 5667-19	2004-09	Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 19: Anleitung zur Probenahme mariner Sedimente (ISO 5667-19:2004); Deutsche Fassung EN ISO 5667-19:2004
DIN 4030-1	1991-06	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte
DIN ISO/TS 22475-2 (Vornorm)	2007-01	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 2: Qualifikationskriterien für Unternehmen und Personal (ISO/TS 22475-2:2006); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 22475-2:2006
DIN ISO/TS 22475-3 (Vornorm-Entwurf)	2005-01	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Aufschluss- und Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 3: Konformitätsbewertung von Unternehmen und Personal durch eine Zertifizierungsstelle (ISO/TS 22475-3:2004)
ATV DIN 18301	2006-10	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Bohrarbeiten
ATV DIN 18302	2006-10	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Arbeiten zum Ausbau von Bohrungen

Auswirkung der neuen Normen

Die Qualifikation des Personals am Bohrgerät wurde bisher mit dem sog. Qualifikationsnachweis für Bohrgeräteführer in der Baugrunderkundung nach **DIN 4021, Abs. 6.1.3**, erworben. Ab 2007 gelten Übergangsfristen für den „Qualifikationsnachweis für Bohrgeräteführer nach DIN 4021“. Die neue Qualifikation nennt sich: „Fachkraft nach DIN EN ISO 22475-1 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahme und Grundwassermessungen“.

Der Bohrgeräteführer vor Ort muss den "Qualifikationsnachweis für Bohrgeräteführer" (im Sinne der im Dezember 2006 zurückgezogenen DIN 4021 Abs. 6.1.3) besitzen. Diese Qualifikation der zurückgezogenen DIN 4021 gilt übergangsweise bis zum 31.12.2010.

Ab 2007 gelten neue Kriterien zur Qualifikation: Die DIN ISO/TS 22475-2:2007-01 legt die Qualifikationskriterien für Unternehmen fest, die Proben aus Boden, Fels und Grundwasser entnehmen sowie Grundwassermessungen durchführen, um auf diese Weise darzulegen, dass ein Unternehmen und dessen Personal qualifiziert ist und über die geeignete Ausstattung verfügt, um die Aufgaben fachgerecht nach EN ISO 22475-1:2006 (D) auszuführen.

Der „Qualifikationsnachweis für Bohrgeräteführer“ wird ab sofort ersetzt durch den Fortbildungs- und Qualifikationsnachweis „Fachkraft nach DIN EN ISO 22475-1 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahme und Grundwassermessungen“. **Das Prüfungszeugnis wird befristet für 7 Jahre ausgestellt. Danach ist eine Wiederholungsprüfung abzu legen.**

In diesem Script wird somit auch noch auf den Geräteführer nach DIN 4021 verwiesen.

Neu ist auch in der EN ISO 22475-1 die Festlegung der Entnahmekategorien:

Es gibt drei Kategorien A, B und C von Verfahren zur Probenentnahme. Bei gegebenen Baugrundverhältnissen sind diese Kategorien bezogen auf die höchste erreichbare Güteklasse von Bodenproben für Laborversuche (definiert in EN 1997-2):

Verfahren der Probenentnahme nach Kategorie A:
Es können Proben der Güteklasse 1 bis 5 gewonnen werden;

Verfahren der Probenentnahme nach Kategorie B:
Es können Proben der Güteklasse 3 bis 5 gewonnen werden;

Verfahren der Probenentnahme nach Kategorie C:
Es können nur Proben der Güteklasse 5 gewonnen werden.

Proben der Güteklasse 1 und 2 können nur beim Einsatz von Probenentnahmeverfahren nach der Kategorie A gewonnen werden. *Es wird hierbei beabsichtigt, Proben zu erhalten, in denen während des Entnahmevergangs und der Behandlung der Proben keine oder nur eine leichte Störung der Bodenstruktur auftritt. Wassergehalt und Porenvolumen des Bodens entsprechen dem Zustand insitu. Eine Änderung der Bestandteile oder der chemischen Zusammensetzung findet nicht statt. Gewisse unvorhersehbare Umstände, wie z. B. Abweichungen in der geologischen Schichtenfolge, können dazu führen, dass Proben einer niedrigeren Güteklasse gewonnen werden.*

Beim Einsatz von Probenentnahmeverfahren nach der Kategorie B ist es nicht möglich, Proben einer höheren Güteklasse als 3 zu gewinnen. *Es wird hierbei beabsichtigt, Proben zu erhalten, die alle Bestandteile des Bodens insitu mit ihren ursprünglichen Anteilen beinhalten und dass der Boden seinen natürlichen Wassergehalt behält. Die allgemeine Anordnung der verschiedenen Schichten oder Bestandteile des Bodens kann bestimmt werden. Die Struktur des Bodens wurde gestört. Gewisse unvorhersehbare Umstände, wie z. B. Abweichungen in der geologischen Schichtenfolge, können dazu führen, dass Proben einer niedrigeren Güteklasse gewonnen werden.*

Beim Einsatz von Probenentnahmeverfahren nach der Kategorie C ist es nicht möglich, Proben einer höheren Güteklasse als 5 zu gewinnen. *Die Struktur des Bodens wird völlig verändert. Die allgemeine Anordnung der Schichten oder Bestandteile des Bodens wird verändert, sodass die Schichten insitu nicht genau festgestellt werden können. Der Wassergehalt der Probe ist nicht repräsentativ für den natürlichen Wassergehalt der Bodenschicht, aus der die Probe entnommen wurde.*

Ausführung der Baugrunderkundung

Bohrarbeiten für Boden- und Felsuntersuchungen sind Vertrauenssache: Für die Qualität der Ergebnisse ist eine fachgerechte Ausführung durch zuverlässige Fachbetriebe ausschlaggebend. Die Durchführung einer beschränkten Ausschreibung ist dann sinnvoll, wenn bei schwierigen Projekten auf bewährte Bohrfirmen zurückgegriffen werden soll.

Der Auftraggeber erhält Vorgaben durch den Baugrundgutachter über Art und Umfang der Untersuchungen und wird bei der Planung und Überwachung der Bohrarbeiten unterstützt. Bei umfangreichen Bauvorhaben hat es sich bewährt, dass der Gutachter auch an den Vergabegesprächen beratend teilnimmt. Nur diese intensive Zusammenarbeit bereits während der Ausschreibungsphase gewährleistet eine einwandfreie Ausführung der Bohrarbeiten und Probenentnahmen.

Die Qualität und damit die Aussagekraft einer Baugrunderkundung ist abhängig sowohl von der Qualifikation des **Bohrgeräteführers** als auch von der eingesetzten **Bohrgerätetechnik** und der verwendeten **Bohrtechnik**.

Es sollen möglichst solche Unternehmen eingesetzt werden, die sich bei früheren Untersuchungen bewährt haben oder/und über Referenzen verfügen. Ein Bohrunternehmer kann nur dann seine Arbeit richtig ausführen, wenn er über alle Einzelheiten, die der Bodengutachter für beachtenswert hält, laufend unterrichtet und ständig angewiesen wird. Diese Mehrarbeit, die mit häufiger **Bohraufsicht** (Bilder 2 und 3) der Aufschlussarbeit verbunden ist, erhöht den Aussagewert der Bohrergebnisse.

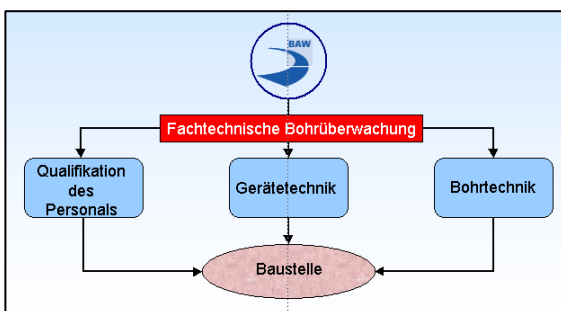


Bild 2: Fachtechnische Bohrüberwachung

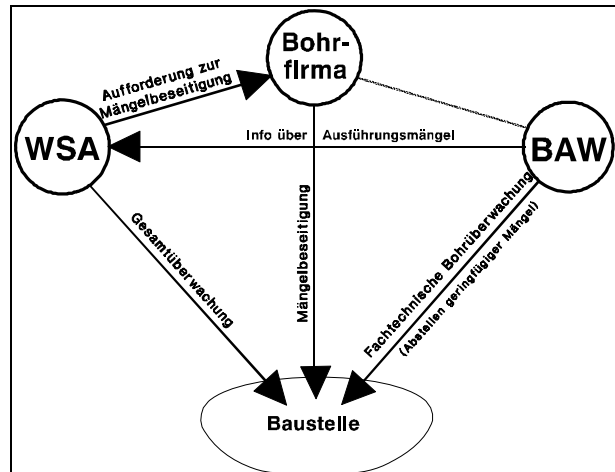


Bild 3: Zuständigkeit bei der Bohrüberwachung

Bohrgeräteführer

Während der Aufschlussarbeiten muss an jedem Gerät ständig ein qualifizierter Bohrgeräteführer anwesend sein, der über die Auswahl des Gerätes und des bohrtechnischen Verfahrens entscheidet. Kaum ein Geräteführer verfügt jedoch über eine fachspezifische Berufsausbildung, z.B. als Brunnenbauer, und somit über eine Ausbildung in Bohr- und Probenentnahmetechniken. Manchmal sind auch „alte Hasen“ auf der Baustelle anzutreffen, die ihr Handwerk in jahrelanger Berufserfahrung erlernt haben.

In den meisten Fällen besteht die einzige Qualifikation in dem nach DIN 4021, Abs. 6.1.3, geforderten Nachweis bzw. dem Fortbildungs- und Qualifikationsnachweis „Fachkraft nach DIN EN ISO 22475-1 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahme und Grundwassermessungen“. Die Qualifikation der zurückgezogenen DIN 4021 gilt übergangsweise bis zum 31.12.2010. Das Prüfungszeugnis nach DIN EN 22475-1 wird befristet für 7 Jahre ausgestellt. Danach ist eine Wiederholungsprüfung abzulegen. Diese Zertifikate sollten durch die Bohraufsicht vor Ort geprüft werden.

Nach dem Merkblatt „**Fachkraft nach DIN EN ISO 22475-1 "Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahme und Grundwassermessungen"** (DGEG Juli 2007) umfasst die Qualifikationsmaßnahme folgende Hauptthemen:

Teil 1: Grundlagen der geotechnischen Erkundung und Untersuchung

- Einführung
- Grundlagen der Geologie
- Grundlagen der Hydrogeologie
- Grundlagen geotechnischer Untersuchungen und Gerätschaften

Teil 2: Probenentnahme und Grundwassermessungen

- Einführung
- Geräte und Ausrüstung für die Probenentnahme und die Einrichtung von Grundwasser-

ger praktischer Tätigkeit nach DIN EN ISO 22475-1
 oder fünfjährige praktische Tätigkeit nach DIN EN ISO 22475-1;

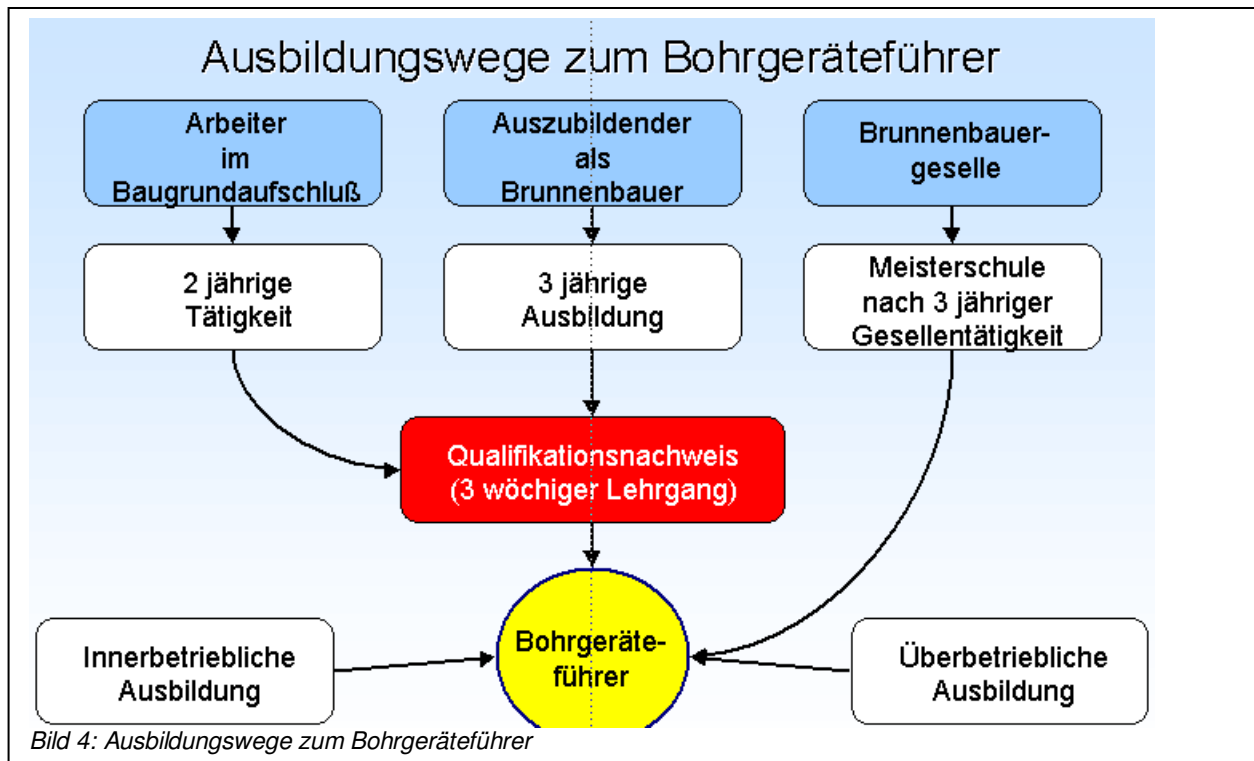


Bild 4: Ausbildungswege zum Bohrgeräteführer

- messstellen
- Allgemeine Bedingungen vor Probenentnahme und Grundwassermessungen
- Verfahren und Geräte zur Probenentnahme aus Boden
- Verfahren und Geräte zur Probenentnahme aus Fels
- Verfahren und Geräte zur Entnahme von Grundwasserproben für geotechnische Zwecke
- Grundwassermessstellen und -einrichtungen
- Grundwassermessungen
- Behandlung, Transport und Aufbewahrung der Proben
- Benennung und Beschreibung von Boden nach DIN EN ISO 14688-1
- Benennung und Beschreibung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1
- Berichterstattung

Als Nachweis erhält der Bohrgeräteführer eine Urkunde bzw. Zeugnis. Der Lehrgang dauert drei Wochen und hat folgende Zulassungsbedingungen:

- Mindestalter zum Zeitpunkt der Prüfung: 21 Jahre;
- ausreichende Kenntnisse der deutschen Sprache in Wort und Schrift;
- Besitz der bürgerlichen Ehrenrechte;
- abgeschlossene Berufsausbildung in folgenden Berufen: Brunnenbauer, Spezialtiefbauer, Facharbeiter für Geologie, Baustoffprüfer, Facharbeiter für geologische Bohrungen mit anschließend zweijähriger

Die handwerkliche Berufsausbildung zum Brunnenbauer-gesellen dauert drei Jahre und kann nur von einem Brunnenbau-Meisterbetrieb durchgeführt werden. Die umfangreiche Ausbildung beinhaltet nicht nur die Ausführung von Bohrarbeiten für Baugrunduntersuchungen, sondern in erster Linie die Herstellung von Trinkwasserbrunnen, Horizontalbohrungen, Grundwasserabsenkungen und Wasserhaltungsanlagen.

Nach 3-jähriger praktischer Tätigkeit als Brunnenbauer-geselle kann eine Prüfung zum Brunnenbauermeister abgelegt werden..

Der Bohrgeräteführer, oft fälschlich „Bohrmeister“ genannt, kann diese Tätigkeit mit unterschiedlichen Berufsausbildungen ausüben, muss aber seine Qualifikation in dem o.g. Lehrgang nachweisen.

Von jedem Bohrgeräteführer sind fundierte Sachkenntnisse zu fordern, die durch die Bohraufsicht vor Ort ggf. auch überprüft werden sollte. Nur eine verstärkte Anwesenheit des Auftraggebers auf der Baustelle und die regelmäßige Kontrolle der Bohrarbeiten kann eine auftragsgerechte Durchführung der Arbeiten gewährleisten. Bei mehr als drei Bohrkolonnen auf einer Baustelle empfiehlt es sich, durch die Bohrfirma einen Bauleiter benennen zu lassen, der dem Auftraggeber ständig als Ansprechpartner zur Verfügung steht.

Bohrerätetechnik

Die gerätetechnische Ausstattung eines Bohrgerätes ist unter Berücksichtigung der angestrebten Bohrtiefen und Probenentnahmen zu beschreiben. Folgende Kriterien sind zu beachten (s.a. Bilder 5 – 12):

- Das Bohrgerät muss mit einem hydraulisch betriebenen Verrohrungsdrehtisch (Bild 7) zum Einbringen der Bohrrohre und einem Kraftdrehkopf (Bild 12) für Arbeiten mit Bohrwerkzeugen am Gestänge ausgerüstet sein.
- Die Seilzugkraft (Bild 9) muss so groß sein, dass das Lösen und Ziehen der Rammkerne und Sonderproben ohne zusätzliche Maßnahmen möglich ist.
- Zum Einrammen des Sonderprobenentnahmegerätes und des Rammkernrohres sowie zum Einsatz des Ventilbohrers ist eine Freifall-Seilschlagvorrichtung (Bild 10) erforderlich.
- Weiterhin hat die Auswahl des Bohrwerkzeuges (Bild 8) einen erheblichen Einfluss auf die erzielbare Güteklasse der Proben. *Die Güte der Bodenproben wird dadurch gekennzeichnet, dass bestimmte bodenmechanische Kenngrößen und Eigenschaften an ihnen ermittelt werden können.* Bild 8 zeigt die Güteklassen verschiedener Bohrwerkzeuge und Entnahmegeräte und deren Einfluss auf die Bodenparameter.

Die Bohrgeräteauswahl bleibt normalerweise dem Bohrunternehmer überlassen, nachdem er durch die Ausschreibung ausführlich über die Anforderungen des Baugrundaufschlusses informiert wurde. Jedoch ist immer wieder festzustellen, dass Bohrgeräte für Arbeiten herangezogen werden, die den Anforderungen nicht gerecht werden (Bild 6). **Deshalb sollte in der Leistungsbeschreibung der Ausschreibung festgelegt werden, mit welchem Grundzubehör ein Bohrgerät ausgestattet sein muss.** Das ist jedoch wiederum abhängig von der Art des Baugrundaufschlusses.



Bild 6: Bohrgerät für den Baugrundaufschluss



Bild 7: Verrohrungsdrehtisch

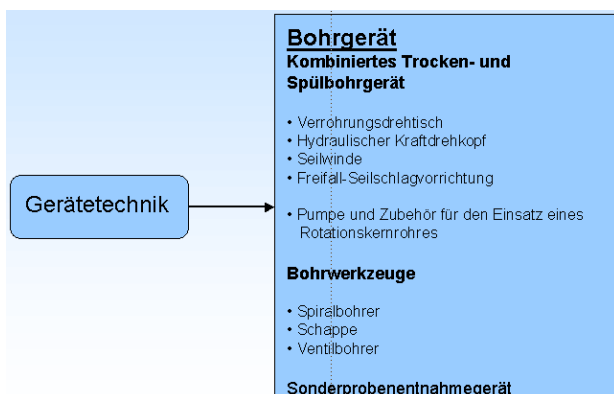


Bild 5: Gerätetechnische Mindestanforderungen

Bohrwerkzeug bzw. Entnahmegerät	Bodenart	Entnahme <u>über</u> oder <u>unter</u> dem Grund- wasserspiegel (GW)	i.d.R. erreich- bare Güte- klasse [1 - 5]	Unveränderte Bodenparameter bei erreichter Güteklasse
Seil mit Ventilbohrer	Kies und Sand	unter GW	5	unvollständige Bodenprobe, da auch Schichtenfolge verändert
Gestänge mit Schappe oder Schnecke	alle Böden bindige Böden	über GW unter GW	4	Schichtgrenzen Kornzusammensetzung
Rammkernrohr mit Schnittkante innen	nichtbindige Böden	über GW unter GW	3	Schichtgrenzen Kornzusammensetzung Wassergehalt
Rammkernrohr mit Schnittkante innen	bindige Böden	über GW	2	Schichtgrenzen Kornzusammensetzung Wassergehalt
dünnwandiges Entnahmegerät für Sonderproben	bindige und organische Böden mit halbfester Konsistenz	über GW unter GW		Dichte des feuchten Bodens Wasserdurchlässigkeit
dünnwandiges Entnahmegerät für Sonderproben	bindige und organische Böden mit weicher oder steifer Konsistenz	über GW unter GW	1	Schichtgrenzen Kornzusammensetzung Wassergehalt Dichte des feuchten Bodens Wasserdurchlässigkeit Steifemodul Scherfestigkeit

Bild 8: Bohrwerkzeuge / Entnahmegeräte und erzielbare Güteklassen



Bild 9: Seilwinde und Hilfswinde

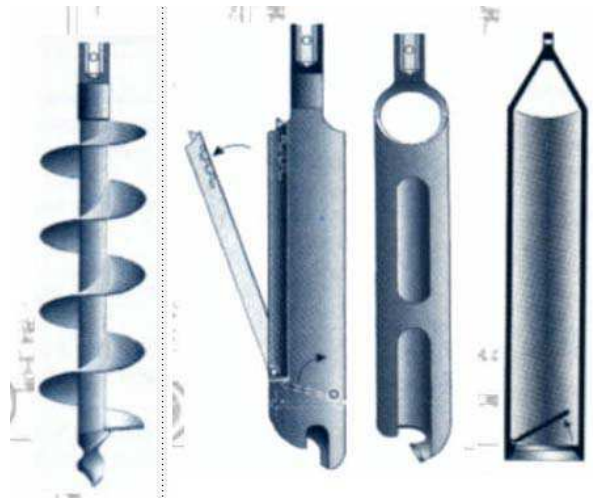


Bild 11: Spiralbohrer – Schappe - Ventilbohrer



Bild 10: Freifall-Seilschlagvorrichtung

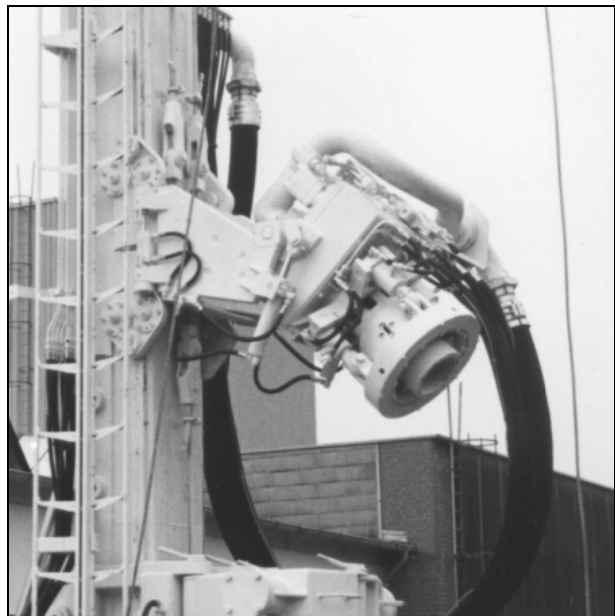


Bild 12: Hydraulischer Kraftdrehkopf



Feststellen und Abstellen von Mängeln

Vor Beginn jeder Bohrarbeiten sollte durch die Bohraufsicht, vorher natürlich auch durch den Geräteführer, geprüft werden, ob alle personellen und gerätetechnischen Anforderungen der Ausschreibung und der DIN erfüllt sind. Mit Hilfe einer **Checkliste** (Bild 13) kann sehr schnell und übersichtlich der "Ist-Zustand" protokolliert werden.

Baustellen - Checkliste für Baugrunderkundungsarbeiten				
Projekt:		Auftrags-Nr.:		BAW Bearbeiter:
Bohrung-Nr.:		Ort:		AG:
Bohrfirma:		Geräteführer:		Wetter:
Kontrolle von:		Qualifikationsnachweis im Original liegt vor?		
Bohraufsicht vor Ort (vom ... bis – Datum/Uhrzeit):				
Bohrgerät: Fabrikat / Typ:				
Verrohrungsdrehtisch:		JA	NEIN	
Kraftdrehkopf:		JA	NEIN	
Freifall-Seilschlagvorrichtung:		JA	NEIN	Hub: m
Hubhöhe des Entnahmegerätes geprüft:		JA	NEIN	Hubhöhe: m
Seilwinde:		JA	NEIN	Windenkraft: kN
Spüldrehkopf und Pumpe:		JA	NEIN	
Kontrollanzeigen für Spüldruck und Andruck:		JA	NEIN	
Bohrverrohrung	von	m	bis	m Durchmesser: m
Bohrverrohrung	von	m	bis	m Durchmesser: m
Bohrverrohrung	von	m	bis	m Durchmesser: m
Festgestellte Mängel:				

Bohrtechnik

Für eine Baugrunderkundung besonders geeignet ist das sogenannte **Trockenbohrverfahren** (Bild 14): Oberhalb des Grundwasserspiegels wird kein Wasser hinzugegeben. Unterhalb des Grundwassers wird hingegen mit Wasserüberdruck im Bohrrohr gearbeitet - und damit ein Eintreiben des Bodens an der Bohrlochsohle in das Bohrloch verhindert.

Bei allen Bohrverfahren in bindigen Böden sollte die Zugabe von Wasser als Bohrhilfe vermieden werden. In der bis September 1990 gültigen DIN 4021 Teil 1 wurde darauf noch ausführlich hingewiesen: Jeder sonstige Zusatz von Wasser zum Erleichtern des Bohrens ist oberhalb des Grundwassers immer, unterhalb des Grundwassers bei bindigen Böden unzulässig, da die gewonnenen Proben dadurch für die Beurteilung der Bodenbeschaffenheit mehr oder weniger unbrauchbar werden. Wenn auftreibender Boden erwartet wird, muss

Bohrverfahren	Bodenproben	Grundwasserhorizonte und Schichtwasser erkennbar	Grundwasser-messstellenausbau
Rammkernentnahme als Trockenbohrung in Kombination mit einer Schlag- und Drehbohrung	<ul style="list-style-type: none"> Rammkerne Sonderproben gestörte Proben mit Ventilbohrer oder Schappe / Schnecke 	immer	üblicher Bohrdurchmesser von \varnothing 324 mm ausreichend für Messstellenausbau mit DN 100
Rammkernentnahme in Kombination mit einer direkten Spülbohrung	<ul style="list-style-type: none"> Rammkerne Sonderproben gestörte Proben nur aus dem Spülstromrücklauf 	nur bedingt	Bohrdurchmesser \varnothing 148 mm für Messstellenausbau zu gering mit DN 100 mm, Bohrung muss vorher aufgebohrt werden

Bild 14: Eignung der Bohrverfahren

Um nicht ständig Wasser herbeischaffen zu müssen, wird jedoch häufig in nichtbindigen Böden ohne Wasserüberdruck - also mit Eintrieb von Sand - gebohrt: Dabei wird das Probenmaterial im Bohrloch mit dem höher anstehenden Bohrgut vermengt, das als Bohrklein in der Wassersäule schwebt (Bild 15). Zudem kann die Festigkeit des Bodens aus dem Bohrvorgang nicht abgeleitet werden, da durch den Auftrieb der Baugrund aufgelockert wird.

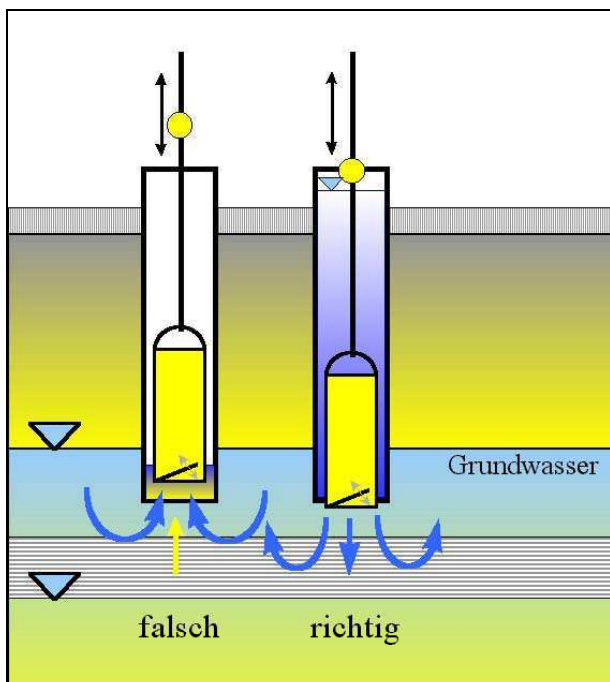


Bild 15: Wasserüberdruck im Bohrrohr

mit Wasserüberdruck gearbeitet werden, um Störungen des Untergrunds (hydraulischer Grundbruch) zu verhindern. Diese Forderung sollte weiterhin beachtet werden (Bilder 16 – 18).



Bild 16: Wasserüberdruck aufbringen



Bild 17: Ventilbohrer unter Wasserzugabe ziehen



Bild 18: Ventilbohrer entleeren

In wasserführenden Sanden sollte möglichst ohne Bohr- andruck auf der Rohrtour gearbeitet werden ("Schwimmstellung"), um durch das Eigengewicht der Rohrtour das Überbohren auch geringmächtiger bindiger Schichten zu verhindern. Andernfalls würde ein Schichtengemisch aus dem Sand mit einem zu hohen Schluff- und Tonanteil gefördert.

Die Bohrwerkzeuge werden entweder am Seil (z.B. Ventilbohrer) oder am Gestänge (z.B. Schappe) geführt. Die Verrohrung wird entsprechend dem Bohrfortschritt nachgeführt: Baugrundaufschlussbohrungen sind fortlaufend mit dem Bohrfortschritt zu verrohren, um ein Nachfallen des anstehenden Bodens zu verhindern. Da zu kleine Bohrdurchmesser die Beseitigung von Bohrhindernissen erschweren bzw. sogar - zu Lasten des Auftraggebers - die Aufgabe der Bohrung nach sich ziehen können, ist es sinnvoll, einen Mindestdurchmesser von 219 mm vorzugeben. Diese Vorgabe lässt auch ein außerplanmäßiges Tieferbohren durch Teleskopierung zu.

Der Einsatz eines Spiralbohrers sollte in bindigen Böden unterhalb des Grundwasserspiegels zugunsten der Schappe am Gestänge vermieden werden: Beim Anschneiden von rolligen Schichten kann sich das Bohrgut während des Hochziehens des Spiralbohrers an die Bohrlochwandung anlegen und einen Pfropfen bilden. Dabei entsteht unterhalb des Bohrwerkzeuges ein Unterdruck: Der rollige Boden wird in das Bohrrohr eingesaugt; die über dem Pfropfen stehende Wassersäule wird angehoben und läuft aus dem Bohrrohr aus.

Entnahme von Bodenproben

Beim Bohren können drei Typen von Proben entnommen werden (Bild 19, s.a. Bild 20):

- aus dem Bohrgut die meist gestörten Bohrproben
- Bohrkerne
- die weitgehend ungestörten Sonderproben

Im Folgenden wird auf die gängigen Entnahmeverfahren näher eingegangen.

Probenart	Bohrwerkzeug bzw. Entnahmegesät	Bodenart	erreichbare Güteklasse
gestörte Bodenprobe	Seil mit Ventilbohrer Gestänge mit Schappe oder Schnecke	alle Böden	(3), 4 - 5
Bohrkern	Rammkernrohr mit Schnittkante innen	alle Böden	(1), 2 - 3
Sonderprobe	dünnwandiges Entnahmegesät für Sonderproben	bindige und organische Böden	1 - 2

Bild 19: Probenarten und erreichbare Güteklassen

Tabelle 4. Güteklassen für Bodenproben

Güte- klasse	Bodenproben unverändert in 2)	Feststellbar sind im wesentlichen
1 ¹⁾	$Z, w, \rho, k, E_s, \tau_f$	Feinschichtgrenzen Kornzusammensetzung Konsistenzgrenzen, Konsistenzzahl Grenzen der Lagerungsdichte Korndichte organische Bestandteile Wassergehalt Dichte des feuchten Bodens Porenanteil Wasserdurchlässigkeit Steifemodul Scherfestigkeit
2	Z, w, ρ, k	Feinschichtgrenzen Kornzusammensetzung Konsistenzgrenzen, Konsistenzzahl Grenzen der Lagerungsdichte Korndichte organische Bestandteile Wassergehalt Dichte des feuchten Bodens Porenanteil Wasserdurchlässigkeit
3	Z, w	Schichtgrenzen Kornzusammensetzung Konsistenzgrenzen, Konsistenzzahl Grenzen der Lagerungsdichte Korndichte organische Bestandteile Wassergehalt
4	Z	Schichtgrenzen Kornzusammensetzung Konsistenzgrenzen, Konsistenzzahl Grenzen der Lagerungsdichte Korndichte organische Bestandteile
5	— (auch Z ver- ändert, unvoll- ständige Bodenprobe)	Schichtenfolge

1) Güteklasse 1 zeichnet sich gegenüber Güteklasse 2 dadurch aus, daß auch das Korngefüge unverändert bleibt.
 2) Hierin bedeuten:
 Z Kornzusammensetzung
 w Wassergehalt
 ρ Dichte des feuchten Bodens
 E_s Steifemodul
 τ_f Scherfestigkeit
 k Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

Bild 20: Aus der zurückgezogenen DIN 4021, Tabelle 4. Diese Übersichtstabelle ist in der DIN EN-ISO 22475-1 nicht mehr enthalten. In ähnlicher Form ist die Übersicht in der DIN EN 1997-2 zu finden.

Sonderproben

Sonderproben, also Proben höherer Güteklasse, werden mit speziellen Entnahmegeräten gewonnen (Bild 23). Dazu muss der Bohrvorgang unterbrochen werden. Die

erreichbare Güteklasse ist vom Entnahmegerät, vom Entnahmevergange und vom Boden abhängig.

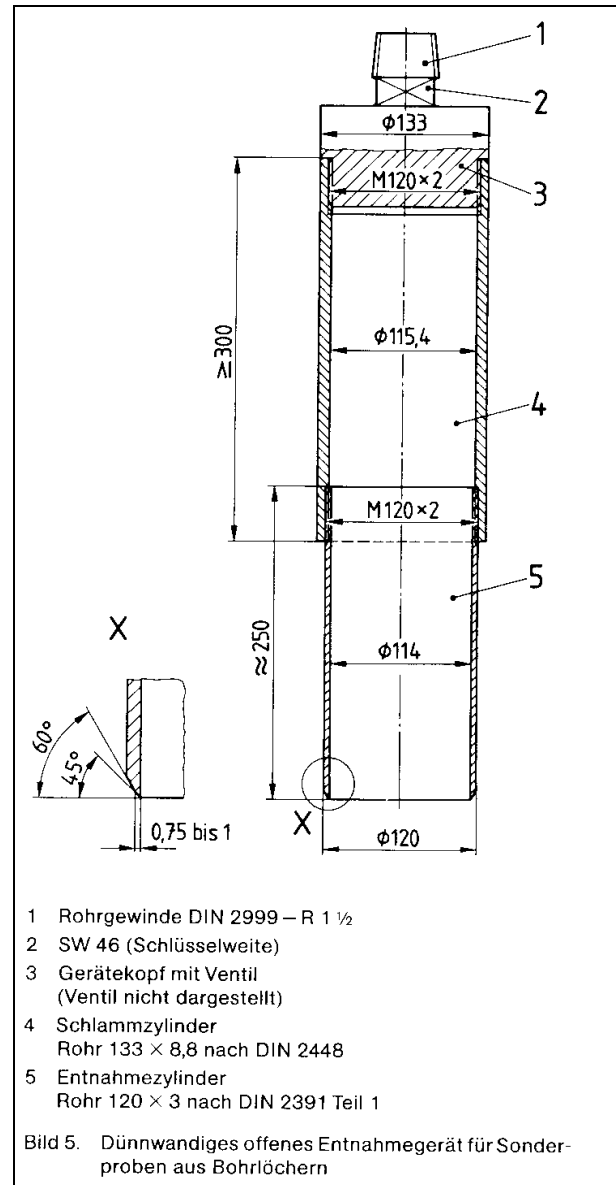


Bild 21: Entnahmезylinder für Sonderproben (Dünnwandiges Entnahmegerät) (DIN EN ISO 22475-1, Bild C.32)

Die Art des Entnahmegerätes und die Anzahl der Sonderproben sind in Abhängigkeit von den zu erwartenden Bodenschichten und dem Zweck der Untersuchung möglichst vor Beginn einer Bohrung festzulegen. In der Regel wird aus bindigen Böden alle 2 Meter bzw. bei Schichtwechsel in kürzeren Abständen eine Sonderprobe entnommen. Die Tabelle 3 der DIN EN IS 22475-1 gibt eine Übersicht über verschiedene Entnahmegeräte für Sonderproben und deren Eignung in Abhängigkeit von der Bodenart. Die Wahl des Entnahmegerätes ist

außerdem von der Festigkeit (Konsistenz) des Bodens abhängig.

In bindigen und organischen Böden mit weicher bis halbfester Konsistenz wird das dünnwandige offene Entnahmegerät mit Ventil mit einem Innendurchmesser von 114 mm eingesetzt. Bei Böden mit halbfester bis fester Konsistenz wird das dickwandige Gerät eingesetzt: Es besteht aus einem Entnahmestutzen, dem Schlammstutzen und dem Gerätekopf mit einem Ventil und Gestängeanschluss:

- Der Entnahmezylinder mit einem Außendurchmesser von 120 mm und einer Länge von etwa 250 mm hat am unteren Ende eine von außen angeschnittene Schneide und am oberen Ende zum Anschluss an den Schlammzylinder außen ein Feingewinde.
- Für richtungsorientierte Sonderproben wird der Entnahmevorgang am Gestänge durchgeführt, ansonsten am Seil hängend.



Bild 23: Sonderprobenentnahmegerät

Die Entnahme von Sonderproben bereitet auf der Baustelle immer wieder Probleme: Eine hohe Güteklasse (1 - 2) kann nur erreicht werden, wenn sich die Geräte in einem einwandfreien Zustand befinden. Deshalb sollten Hinweise bezüglich der Funktionstüchtigkeit der Ventiltchnik des Entnahmegerätes explizit in die Leistungsbeschreibung der Ausschreibung aufgenommen werden:

- Aus bindigen oder organischen Bodenschichten sind sofort bei jedem Wechsel der Bodenschicht bzw. bei größeren Schichtstärken alle zwei Meter Sonderproben der Güteklasse 1 bis 2 zu entnehmen. Dazu ist ein offenes Entnahmegerät gem. Bild C.32 der DIN EN ISO 22475-1 (Bild 21). Dabei dürfen nur saubere,

entrostete Entnahmezylinder mit einwandfreien Schneiden verwendet werden.

- Die entnommenen Sonderproben sind vor Frost und Sonneneinstrahlung zu schützen.
- Eine hohe Güteklasse wird mit an die Bodenfestigkeiten angepassten Fallgewichten (50 - 500 kg) des Rammgerätes erreicht. Die Entnahme erfolgt anschließend mit möglichst wenigen Schlägen, gesteuert über die Seilschlag-Freifalleinrichtung (siehe DIN EN ISO 22475-1, Abs. 6.4.2.5.1).
- Die Sonderprobe ist ausschließlich am Seil zu lösen und zu ziehen.
- Der Schlammzylinder ist zur Aufnahme des aufgeweichten Bodens an der Bohrlochsohle erforderlich.
- Um Reibung zu verringern, müssen die Wandungen glatt sein. Deshalb dürfen nur saubere, entrostete Stutzen mit einwandfreien Schneiden verwendet werden.
- Das Säubern der Bohrlochsohle darf nicht mit einem tiefgängigen Spiralbohrer (Schnecke) erfolgen.
- Das Ventil soll den Durchfluss beim Eintreiben des Gerätes mit möglichst geringem Widerstand ermöglichen. Beim Ziehen muss es sofort dicht schließen.

Nur so kann während des Einrammens des Entnahmezylinders oberhalb des Schlammzylinders das über der Probe anstehende Wasser abfließen und oberhalb der Probe ein Unterdruck beim Anziehen und Abscheren erzeugt werden.

Die Sonderprobe muss aus dem ungestörten Boden unterhalb der Verrohrung entnommen werden. Vor dem Einführen des Entnahmegerätes ist die Bohrlochsohle mit geeigneten Bohrwerkzeugen zu säubern. Der Entnahmestutzen ist dann in seiner vollen Länge - aber nicht weiter - in den vom Bohrvorgang unbeeinflussten, d.h. ungestörten Boden einzurammen.

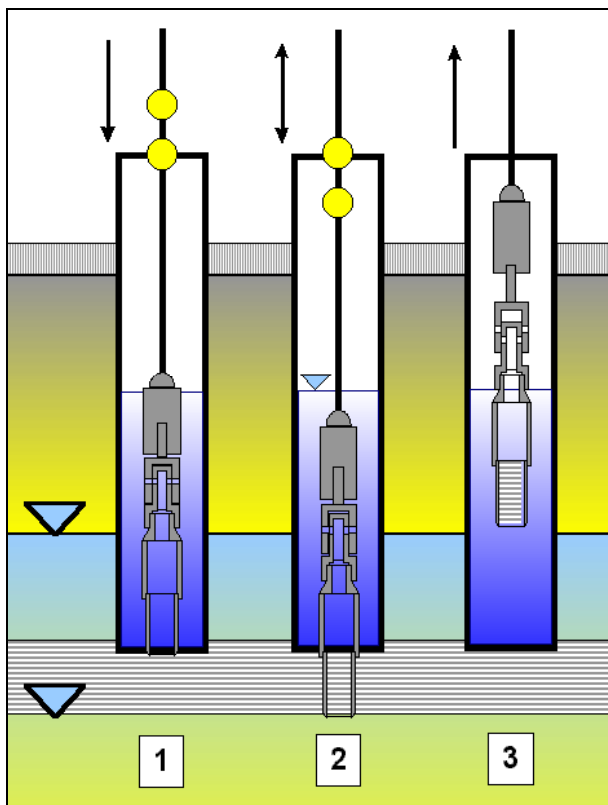


Bild 24: Entnahme einer Sonderprobe

Sonderproben sind unverzüglich dem Baugrundgutachter zu übergeben. Über die Aufbewahrung der Proben (Ort und Dauer) - in möglichst unbeheizten, aber frostfreien Räumen - hat der Auftraggeber oder sein Beauftragter zu befinden.

Zur exakten Bestimmung der Tiefenlage der Sonderprobe werden während des Herablassens des Entnahmegerätes auf die bis zur Unterkante des Bohrrohres gereinigte Bohrlochsohle zwei Seilzeichen eingemessen (Bild 24).

- Das erste Seilzeichen entspricht der eingebauten Rohrtourlänge (Achtung: beim Herablassen ist die Hubstange des Fallgewichtes ausgefahren, beim Absetzen auf der Bohrlochsohle eingefahren).
- Das zweite Seilzeichen folgt in einem Abstand, der der Länge des Entnahmezylinders entspricht.

Das Entnahmegerät wird mit der Seilschlagvorrichtung nur soweit eingetrieben, bis sich das zweite Seilzeichen in Höhe der Oberkante des Bohrrohres befindet. Ohne die Verwendung von Seilzeichen ist ein Überschlagen der Sonderprobe und damit eine Stauchung der Sonderprobe wahrscheinlich: sie wird damit für bodenmechanische Untersuchungen unbrauchbar.

Ist der Entnahmestutzen nicht vollständig gefüllt, muss der Hohlraum möglichst mit dem gleichen Boden aufgefüllt werden (Ceresin hat sich als Vergussmasse nicht bewährt, da ein Abreißen vom Probenzylinder zum Austrocknen der Sonderprobe führt). Zwischen das ungestörte Probenmaterial und die Auffüllmasse wird eine Kunststoff- oder Gummischeibe gelegt. Zur Abdichtung eignen sich Kunststoffdeckel mit Dreifachdichtung, sofern der Deckel zusätzlich mit Klebeband am Stahlzylinder fixiert wird.

Rammkerne

In bindigen Böden und Sanden werden häufig Bohrungen mit durchgehender Gewinnung gekernter Proben ausgeführt. Sie werden meist rammend oder schlagend niedergebracht. Beim Rammen werden Entnahmegeräte mit einer Schlagvorrichtung in den Untergrund eingetrieben. Beim Schlagen wird das Bohrwerkzeug durch Anheben und Fallenlassen mit der Seilschlag-Freifallvorrichtung eingetrieben (Bilder 26 und 27).

Rammkernentnahme im Trockenbohrverfahren

Eine Rammkernbohrung wird üblicherweise im Trockenbohrverfahren durchgeführt. Die Kerne (Minstdurchmesser 80 mm) werden beim Rammen in einen PVC-Liner eingezogen. Je nach Bodenart wird das restliche Bohrgut mit Schappen, Spiralbohrern oder Ventilbohrern mit Gestänge oder Seil zutage gefördert.

Von der Geländeoberkante erfolgt zunächst das Eintreiben des Kernrohres in den Boden mit einem Rammgewicht. Die Fallhöhe des Entnahmegerätes muss auf die Hubhöhe der Freifall-Seilschlagvorrichtung des Bohrgerätes eingestellt sein, damit das Entnahmegerät beim Einrammen nicht angezogen werden kann. Das Fallgewicht muss den Bodenfestigkeiten angepasst sein, damit die Entnahme mit wenigen Schlägen durchgeführt werden kann. Bohrausrüstungsfirmen stellen mittlerweile Entnahmegeräte unterschiedlicher Gewichtsklassen her.

Durch die Form der Schneide und begünstigt durch die glatte Innenwandung des PVC-Liners gleitet der Kern während des Entnahmevorgangs in das Kernrohr ein. Das Einschieben des Kerns in den PVC-Liner wird durch den kleineren Durchmesser des Schneidschuhs am Kernrohr begünstigt. Ist das Kernrohr in seiner vollen Länge in den Boden eingetrieben, wird es am Seil zutage gefördert. Die Kernlänge sollte nicht mehr als 1 m betragen.

Nach dem Säubern der Bohrlochsohle kann das Kernrohr am Seil hängend auf die Bohrlochsohle herabgelassen werden. Zur Bestimmung der Tiefenlage wird von der Unterkante des Kernrohres bis zum Seil ein Seilzeichen eingemessen, das der eingebauten Rohrtourlänge entspricht. Vor dem Herablassen des Kernrohres ist durch eine Lotung zu überprüfen, ob das Seilzeichen tatsächlich genau mit der Oberkante des Bohrrohres abschließt; andernfalls ist die Bohrlochsohle erneut zu reinigen. Bohraufsichten berichten immer wieder, dass die Kerne ohne Lotung und Seilzeichen auf der ungesäuberten Bohrlochsohle eingerammt werden. Das Kernrohr wird bei gesäubelter Bohrlochsohle 1 m unter die Bohrrohrunterkante eingerammt und anschließend am Seil gezogen. Die Bohrung wird bis Unterkante der erfolgten Kernentnahme mit Bohrwerkzeugen aufgebohrt, ggf. ein neues Bohrrohr aufgesetzt und die Rohr-

tour nachgeführt; das Seilzeichen wird erneut eingemessen.

Um ein Auftreiben und Auflockern des Bodens zu verhindern, ist beim Ausfahren des Rammkernrohres mindestens so lange Wasser nachzufüllen, bis das Volumen des Bodenkernes ausgeglichen ist. Wird der Wasserüberdruck nicht gehalten, wird zwar die Kernentnahme als Folge der Auflockerung des Bodens erleichtert, Feinschichtungen gehen jedoch verloren und der Rammkern ist für bodenmechanische und geologische Untersuchungen unbrauchbar.

Beim Rammkernbohrverfahren können jederzeit zusätzlich Sonderproben entnommen werden (Bild 25).

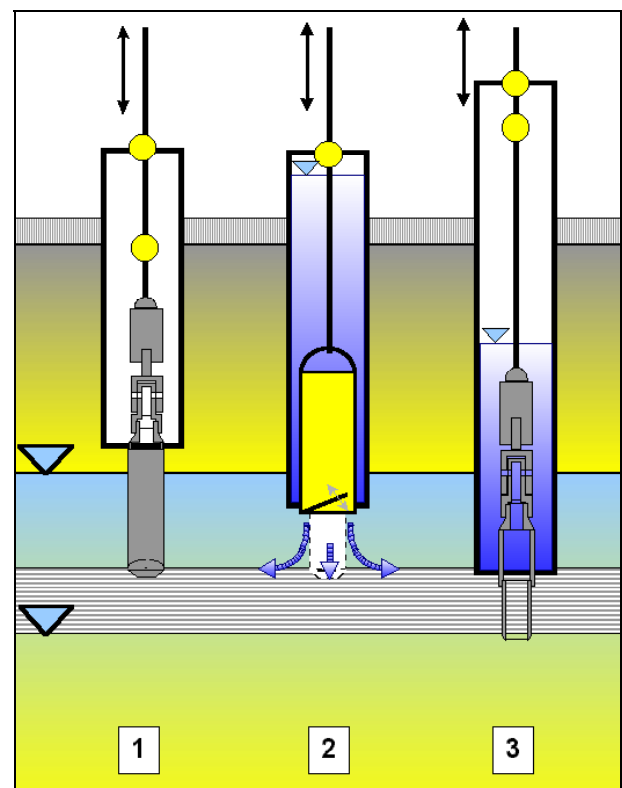


Bild 25: Kombinierte Rammkern- und Sonderprobenentnahme im Trockenbohrverfahren

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Bohrverfahren				Gerät	
	Lösen des Bodens ^b	Spülhilfe	Fördern der Probe mit	Bezeichnung	Werkzeug	Richtwerte Bohraußen-durchmesser ^a mm
1	drehend	nein	Bohrwerkzeug	Rotations-trockenkern-bohrverfahren ^c	Einfachkernrohr Hohlbohrschnecke	100 bis 200 100 bis 300
2		ja	Bohrwerkzeug	Rotationskern-bohrverfahren	Einfachkernrohr Doppelkernrohr ^a Dreifachkernrohr ^a	100 bis 200
3		ja	Bohrwerkzeug	Rotationskern-bohrverfahren	Doppel- oder Dreifachkernrohr mit Vorschneidkrone oder Vorsatz	100 bis 200
4		nein	Bohrwerkzeug	Schnecken-bohrverfahren	Gestänge mit Schappe, Schnecke oder Hohlbohrschnecke	100 bis 2 000
5		ja	Umkehrspülung	Rotationsspül-bohrverfahren	Gestänge mit Hohlmeißel	150 bis 1 300
6		nein	Bohrwerkzeug	Handdrehbohr-verfahren	Schappe, Schnecke, Spirale	40 bis 80
7	rammend	nein	Bohrwerkzeug	Rammkern-bohrverfahren	Rammkernrohr mit Schnittkante innen; auch mit Hülse oder Schnecke (oder Hohlbohr-schnecke) ^b	80 bis 200
8		nein	Bohrwerkzeug	Rammbohr-verfahren	Rammkernrohr mit Schnittkante außen ^b	150 bis 300
9		nein	Bohrwerkzeug	Kleinramm-bohrverfahren	Rammgestänge mit Entnahmerohr	30 bis 80
10	drehend, rammend	ja	Bohrwerkzeug	Rammrotations-kernbohrverfahren	Einfach- oder Doppelkernrohr	100 bis 200
11	vibrierend, langsames Drehen freigestellt	nein (nur zur Einbringung der Verrohrung)	Bohrwerkzeug	Vibrationsbohr-verfahren	Dickwandiges Entnahmegesetz oder Einfachkernbohr mit freigestelltem Innenrohr aus Kunststoff	80 bis 200
12	schlagend	nein	Bohrwerkzeug	Schlagbohrung	Seil mit Schlagschappe	150 bis 500
13		nein	Bohrwerkzeug	Schlagbohr-verfahren	Seil mit Ventilbohrer	100 bis 1 000
14	drückend	nein	Bohrwerkzeug	Kleindruck-bohrverfahren	Druckgestänge mit Entnahmerohr	30 bis 80
15	greifend	nein	Bohrwerkzeug	Greiferbohrung	Seil mit Bohrlochgreifer	400 bis 1 500

^a Übliches Kernrohr oder Seilkernrohr
^b Beim „Rammen“ wird das Bohrwerkzeug mit einer besonderen Schlagvorrichtung eingetrieben. Beim „Schlagen“ wird das Bohrwerkzeug selbst durch wiederholtes Anheben und Fallenlassen zum Eintreiben benutzt.
^c Das Rotationstrockenkernbohrverfahren wird in der Regel dann eingesetzt, wenn die Beobachtung der Grundwasseroberfläche das wichtigste Ziel der Baugrunderkundung ist.

Bild 26: DIN EN ISO 22475-1, Tabelle 2, Spalten 1 – 6 —Durchgehende Gewinnung von Proben in Böden mittels Bohrverfahren

7	8	9	10	11	Spalte
Eignung des Bohrverfahrens ^d		Erreichbare Entnahme- kategorien ^e	Erreich- bare Güte- klasse ^e	Bemerkungen	Zeile
Ungeeignet für ^d	Bevorzugt einsetzbar für ^d				
Grobkies, Steine, Blöcke	Ton, Schluff, Feinsand, Schluff	B (A)	4 (2–3)	gut in Mitte, außen ausgetrocknet	1
	Ton, Schluff, Sand, organische Böden	B (A)	3 (1–2)	–	
nicht bindige Böden	Ton, tonige, auch verkittete gemischtkörnige Böden, Blöcke	B (A)	4 (2–3)	–	2
		B (A)	3 (1–2)		
		A	1		
Kies, Steine, Blöcke	Ton, Schluff	A	2 (1)	–	3
Blöcke größer als $D_e/3$	über GW-Oberfläche alle Böden, unter Grundwasseroberfläche alle bindigen Böden	B	4 (3)	–	4
–	Alle Böden	C (B)	5 (4)	–	5
Grobkies größer als $D_e/3$, dicht gelagerte Böden und unter Grundwasseroberfläche nicht bindige Böden	über GW-Oberfläche Ton bis Mittelkies; unter Grundwasser- oberfläche bindige Böden	C ^f	5	nur für geringe Tiefen	6
Böden mit Komdurchmessern größer als $D_e/3$, feingeschichtete Böden, z. B. Warven	Ton, Schluff und Böden mit Komdurchmessern bis höchstens $D_e/3$	in bindigen Böden: A	2 (1)	Rammdiagramm durch Messung der Schlagzahl	7
		in nicht bindigen Böden: B (A)	3 (2)		8
Böden mit Komdurchmessern größer als $D_e/3$	Kies und Böden mit Kom- durchmessern bis höchstens $D_e/3$	B	4	–	10
Böden mit Komdurchmessern größer als $D_e/2$	Böden mit Korndurchmessern bis höchstens $D_e/5$	C ^f	5		
gemischtkörnige und reine Sande über 2,0 mm Komdurchmesser, Kies, halbfeste und feste Tone	Ton, Schluff, Feinsand	in bindigen Böden: A	2 (1)	–	11
		in nicht bindigen Böden: B	4 (3)		
–	–	in bindigen Böden: B	4	–	12
		in nichtbindigen Böden: C	5		
über Grundwasseroberfläche Kies, unter Grundwasseroberfläche Schluff, Sand und Kies	über GW-Oberfläche Ton und Schluff, unter Grundwasser- oberfläche Ton	C (B)	4 (3)	–	13
über Grundwasseroberfläche	Kies und Sand im Wasser	C (B)	5 (4)	auch in bindigen Böden unter Wasserzugabe möglich	14
feste und grobkörnige Böden	Ton, Schluff, Feinsand	C ^f	5	nur für geringe Tiefen	15
feste, bindige Böden, Blöcke größer als $D_e/2$	Kies, Blöcke kleiner als $D_e/2$, Steine	über GW- Oberfläche: B	4	–	15
		unter GW- Oberfläche: C	5		

^d Hierin bedeutet D_e der Innendurchmesser des Bohrwerkzeugs.

^e Die in Klammern gesetzten Angaben bedeuten, dass die jeweiligen Entnahmekategorien und Güteklassen nur bei besonderen Bodenbedingungen, die in solchen Fällen erläutert werden müssen, erreicht werden können.

^f Entnahmekategorie B ist in manchen leicht bindigen Böden möglich.

ANMERKUNG Reine Spülbohrungen werden nicht erwähnt, da mit ihnen in der Regel nur eine Probengüte unterhalb der Güteklasse 5 erreicht werden kann.

Bild 27: DIN EN ISO 22475-1, Tabelle 2, Spalten 7 – 11 —Durchgehende Gewinnung von Proben in Böden mittels Bohr-
verfahren

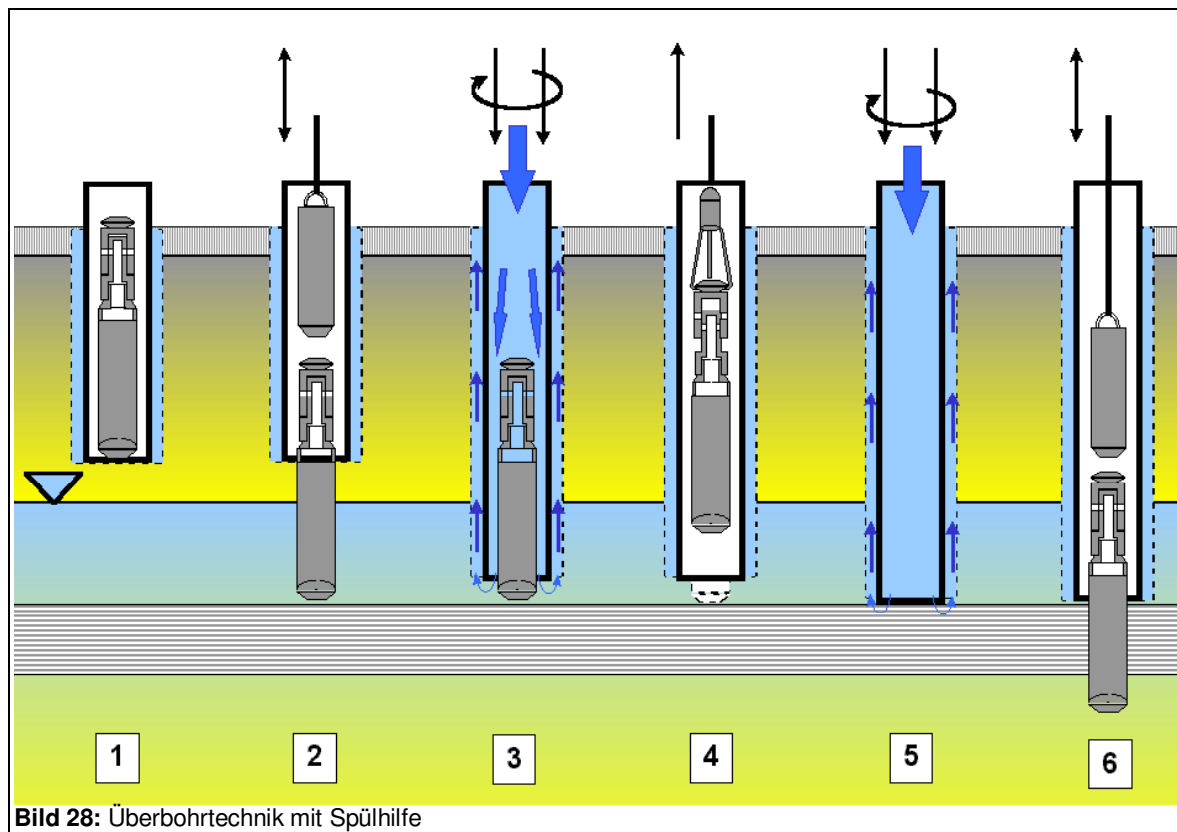


Bild 28: Überbohrtechnik mit Spülhilfe

Rammkernentnahme in Überbohrtechnik mit Spülhilfe

Der Einsatz einer Spülhilfe zur Drehung der Bohrverrichtung nach dem Einrammen über das Kernrohr ermöglicht ein leichteres Ziehen des Rammkernes. Dabei darf der Bohrkern jedoch nicht mit der Spülflüssigkeit in Berührung kommen. In den Kommentaren zur DIN 4021 stellt KANY fest, dass dies nur in gering durchlässigen Böden gewährleistet ist, und verlangt ein ständiges Voreilen der Schneide des Rammkernrohres.

Beim Rammkernverfahren mit Überbohrtechnik (Bild 28) wird das Rammkernrohr ebenfalls mit einem Rammgewicht eingeschlagen. Im Gegensatz zur Rammkernentnahme beim Trockenbohrverfahren - das Rammkernrohr wird am Seil auf die gesäuberte Bohrlochsohle herabgelassen - wird bei der Überbohrtechnik das Rammkernrohr an einer Ausklingvorrichtung über das Bohrrohr geführt und ausgehakt. Dafür wird der Spülkopf von der Bohrverrohrung getrennt und zur Seite geklappt. Dann fällt das Rammkernrohr oberhalb des Grundwasserspiegels im freien Fall - unterhalb des

Grundwasserspiegels durch das Wasser gebremst - auf die Bohrlochsohle und dringt allein durch sein Eigengewicht in den Baugrund unterhalb der Verrohrung ein. Durch eine Verengung der Verrohrung wird konstruktiv erreicht, dass das Rammkernrohr nicht "durchrutschen" kann. Dann wird das Rammgewicht am Seil hängend auf das Rammkernrohr aufgesetzt, eingeklinkt und das Kernrohr eingetrieben. Das Kernrohr darf nur 1 m unter die Unterkante des Bohrrohres gerammt werden. Die Praxis jedoch zeigt, dass bis zu 1,25 m möglich sind und der Kern somit zu tief eingetrieben wird. Das hat zur Folge, dass der Liner im Rammkernrohr mit einer Länge von 1 m stets zu 100 % gefüllt wird. Anschließend wird unter Spülhilfe die Bohrverrohrung nachgeführt und das Rammkernrohr bis zu 90 cm überbohrt eingeschlagen, dann am Seil gelöst und gezogen eingeschlagen. Die Bohrung wird bis zur Unterkante der erfolgten Kernentnahme in einem direkten Spülbohrverfahren aufgebohrt. Hierzu wird der Spülkopf auf die Bohrverrohrung geschraubt und unter Drehen und Andrücken der Verrohrung die Spülhilfe direkt im Rohr auf die Bohrlochsohle geströmt. Der Rücklauf der mit Bohrgut versetzten Spülung erfolgt im Ringraum zwischen Rohr und Baugrund.

Die Kontinuität des Spülstromes wird u.a. dadurch kontrolliert, dass die Spülung fortlaufend die Geländeoberfläche erreicht. Bei einem Abreißen des Spülstromes wird die eingebaute Rohrtour mit dem Spülkopf im Bohrmast solange drehend auf und ab gefahren, bis der Spülkreislauf wieder hergestellt ist. Dabei darf sich das Rammkernrohr nur dann in der Verrohrung befinden, wenn es durch die Bewegung der Rohrtour nicht angehoben wird.

Der Nachfall an der Bohrlochsohle wird im Regelfall nicht kontrolliert und ist dann im oberen Bereich des folgenden Rammkernes als gestörter Boden vorzufinden. Gerade in nichtbindigen Böden kann dies später bei der Bodenansprache nicht mehr erkannt werden.

Beim Trockenbohrverfahren übernimmt der Verrohrungsdrehtisch die Aufgabe der Dreh- sowie der Auf- und Abwärtsbewegung der Bohrverrohrung. Dabei ist die Oberkante der Verrohrung offen und damit zugänglich, so dass gleichzeitig mit Bohrwerkzeug am Seil und am Gestänge gearbeitet und dabei z.B. Steinhindernisse beseitigt werden können.

Bei der Überbohrtechnik ohne Verrohrungsdrehtisch kann hingegen nur mit Spülhilfe versucht werden, ein Hindernis zu verdrängen. Wird aber zu lange in einer Tiefenlage gespült, sind Hohlraumbildungen unterhalb und seitlich der Verrohrung nicht auszuschließen.

Beim Rammkernverfahren mit Überbohrtechnik würde die Bohrung - abweichend vom konventionellen Verfahren - auch oberhalb des Grundwasserspiegels mit einer Wasserspülung beaufschlagt, so dass Schichtwasser oder Grundwasserstand nicht erkannt werden; oberhalb des Grundwasserspiegels ist deshalb im Trockenbohrverfahren zu arbeiten. Dies gilt für die gesamte Aufschlussbohrung, falls mehrere Grundwasserhorizonte im Baugrund erwartet werden und erkannt werden sollen.

Folgende Hinweise bezüglich der Rammkernentnahme in Überbohrtechnik sollten in die Leistungsbeschreibung der Ausschreibung aufgenommen werden:

- Das Überbohren mit Wasserspülung (mit oder ohne Spülungszusatz) ist nur unterhalb des Grundwasserspiegels zugelassen.
- Das Bohrgerät muss mit einem vom Kraftspülkopf unabhängigen Verrohrungsdrehtisch ausgerüstet sein.
- Bei der Kernentnahme muss konstruktiv sichergestellt sein, dass das Kernentnahmegerät nicht tiefer als die vorgesehene Kernlänge (1 m) unter Unterkante Bohrrohr eingetrieben wird.
- Das Überbohren mit Spülhilfe muss 10 cm über der Unterkante des Kernrohres beendet werden.

- Bei einer Unterbrechung des Spülstromes beim Überbohren darf das Kernrohr durch das Anheben der Verrohrung nicht aus dem Baugrund gerissen werden.
- Der Rammkern ist am Seil aus dem Baugrund zu lösen und zu bergen.
- Bei der Entnahme von Sonderproben sind die Proben ohne Überbohren am Seil zu lösen und zu bergen.
- Die Bohrspülungen sind rückstandlos von der Baustelle zu entsorgen.

Behandlung der Proben

Nach der Entnahme der Proben ist sofort festzustellen, ob einzelne Teile gestört sind. Diese Teile sind zu entfernen. Die Proben sind dann gegen Vermischen, Austrocknen oder Auflockern zu schützen. Gestörte Proben werden in Behältern aus Glas oder Plastik mit luftdichten Deckeln verschlossen. Sonderproben in Entnahmestutzen oder -hülsen sind durch Kunststoff- oder Gummideckel mit Klebeband zu verschließen (Bild 29). Sie können auch mit Ceresin (Wachs) vergossen oder zwischen Stahlplatten mit Gummidichtung eingespannt werden. Sind Entnahmestutzen nicht vollständig gefüllt, so muss der Hohlraum mit gleichem Boden, Ceresin oder einer anderen Vergussmasse aufgefüllt werden. Ceresin hat sich in der Vergangenheit nicht bewährt, da ein Abreißen der Dichtungsmasse vom Sonderprobenzylinder zum Austrocknen der Probe geführt hat. Zwischen dem ungestörten Material der Sonderprobe und

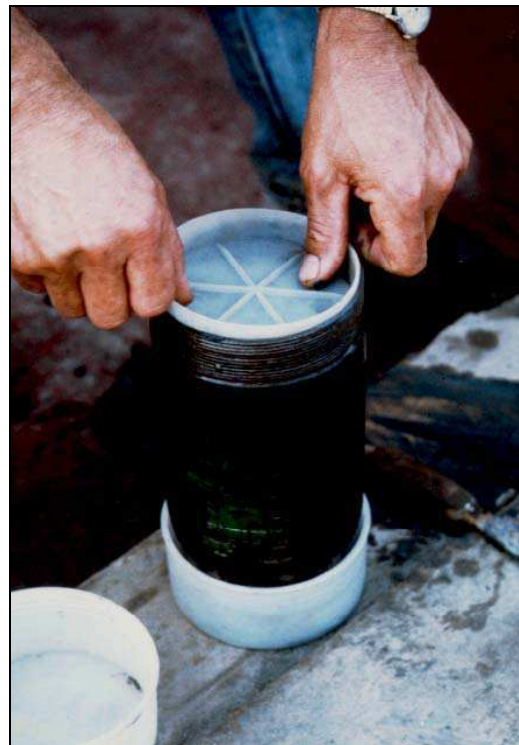


Bild 29: Verpacken einer Sonderprobe

der Auffüllmasse wird eine Kunststoff- oder Gummischeibe gelegt. Eine bewährte Abdichtung der Sonderproben wird mit Kunststoffdeckeln mit Dreifachdichtung erzielt, wenn zusätzlich der Deckel mit Klebeband am Stahlzylinder fixiert wird.

Alle Bodenproben sind sofort nach der Entnahme auf dem Behälter (nicht auf dem Deckel) deutlich und dauerhaft wie folgt zu kennzeichnen:

- Bauwerk oder Ort der Entnahme
- Nummer des Schurfs oder des Bohrlochs
- Nummer der Probe
- Tiefe der Unterkante der Bohr- bzw. der Sonderprobe
- Kennzeichnung der Ober- und Unterkante von Kern- und Sonderproben, sofern dies nicht anderweitig zu ersehen ist, z.B. durch einen nach unten gerichteten Pfeil.
- Bodenart (entfällt bei Probenentnahme in Rohren oder Folien)
- Datum der Entnahme

Die Proben sind gegen Sonneneinstrahlung und vor zu großer Hitze (z.B. in überheizten Baubuden) sowie gegen Frost zu schützen.

Für Versand und Transport sind die Proben vor Erschütterungen und die Behälter vor Zerstörung zu schützen und hierzu unter Umständen in Kisten mit unbehandelten Sägespänen, Holzwolle oder ähnlichem zu verpacken.

Die Proben sind in möglichst unbeheizten, aber frostfreien Kellerräumen aufzubewahren. Sonderproben sind nach Möglichkeit unverzüglich dem Gutachter (z.B. der BAW) zuzuleiten. Über die Aufbewahrung der Proben (Ort und Dauer) hat der Auftraggeber oder sein Beauftragter zu befinden.

Vergleich von Sonderproben und Rammkernen

Im Labor zeigten sich keine Festigkeitsunterschiede zwischen Sonderproben und Rammkernen, die oberhalb des Grundwasserspiegels entnommen worden waren.



Bild 30: Rammkern mit Ringraum

Rammkerne aus bindigen Böden unterhalb des Grundwasserspiegels sind hingegen meist deutlich weicher als unmittelbar ober- und unterhalb entnommene Sonderproben: Beim Aufschneiden der PVC-Rohre läuft Wasser aus den Rammkernen aus und füllt den Ringraum (Bild 30) zwischen Bodenprobe und Kernumhüllung. Dadurch kann der Bohrkern zwar leichter in das PVC-Rohr eingetrieben werden, der Kern wird jedoch aufgeweicht und damit in seinen bodenmechanischen Eigenschaften verändert. Vergleichende Untersuchungen zwischen Rammkernen und Sonderproben haben deutliche Unterschiede in der Anfangsscherfestigkeit bzw. der Konsistenz ergeben. Bohrkern können Sonderproben also nicht ersetzen.

Allgemeines zur Kernentnahme

Sollen Kerne höherer Güteklasse entnommen werden (Bild 31), dann muss der Bohrkern einen Minstdurchmesser von 80 mm haben und in eine feste Umhüllung gezogen werden. Die Kernlänge sollte nicht größer als 1 m sein.



Bild 31: Bearbeitung eines Rammkerns nach der Entnahme

Es sind Schneidschuhe mit innenliegender Schneide zu verwenden. Nach Möglichkeit sollte in Böden mit breiiger bis weicher Konsistenz kein Kernfänger eingesetzt werden.

Das Innendurchmesserverhältnis sollte $C_i \leq 3 \%$ und das Flächenverhältnis im Schneidenbereich $C_a \leq 15 \%$ betragen.

Jedoch zeigen die Erfahrungen der BAW, Dienststelle Hamburg, dass unterhalb des Grundwasserspiegels entnommene Kerne aus bindigen Böden bei der Lagerung aufweichen. Je größer der Ringspalt zwischen fester Umhüllung und Bohrkern ist, desto größer wird - besonders bei schwach plastischen Böden - der Aufweichungsgrad sein.

Kernveränderungen und Kernverluste

In Abhängigkeit vom Baugrund muss mit folgenden Kernveränderungen bzw. -verlusten gerechnet werden:

- Bei Kernarbeiten in Geschiebemergel, Schluffen und Tonen ist zu beobachten, dass beim Abbohren von einem Meter bis zu 1,5 m Kernlänge entstehen. Dies ist dadurch zu erklären, dass nur das Bohrklein, das durch die Räumkrone des Außenkernrohrs gelöst wird, mit dem Spülstrom weggetragen wird. Das durch die Pilotkrone des Innenkernrohrs gelöste Material wird zumindest teilweise in das Innenkernrohr gedrückt.
- Bei Rotationskernbohrung in fest gelagerten Sanden kann es vorkommen, dass das Bohrgerät kurzfristig "nicht mehr schiebt". Im Kern finden wir an diesen Stellen im sonst lockeren Sand harte Platten. Durch Bohren mit zu hohem Andruck und zu geringer Spülmengemenge wird der Sand im Bereich der Bohrkrone zu

feinem Quarzmehl zermahlen. Durch die Reibungsenergie erhitzt sich das Quarzmehl und es kommt zu "Versinterungen".

- Kernentnahmen an Übergängen und bei Wechsellagerungen sind fast immer mit Kernverlusten verbunden: Um einen festgelagerten Ton in das Innenkernrohr zu drücken, ist ein gewisser Gegendruck durch den Boden erforderlich. Dies ist kein Problem, solange innerhalb der Tonschicht gebohrt wird. Sande hingegen sind oft nicht fest genug gelagert, um den Gegendruck zu erzeugen, der erforderlich ist, um den Tonkern am Kernfängerring vorbei in das Innenkernrohr zu schieben. Der Tonkern verklemmt sich daher in der Kernfängerhülse. Der Sand wird vor der Bohrkrone beiseite gedrückt und ausgespült. Im Innenkernrohr wird zwar der Tonkern, aber - wenn überhaupt - nur sehr wenig Sand zu finden sein. Der Bohrgeräteführer kann häufig am Andruck merken, ob sich der Kern in das Innenkernrohr schiebt oder nicht. Muss bei Übergängen von bindigem Material zum Sand der Andruck gesteigert werden, klemmt oft der Kern in der Kernfängerhülse. Das Innenkernrohr muss also gezogen und entleert werden. Bei häufigem Materialwechsel ist es nur selten möglich, die volle Länge des Innenkernrohrs abzubohren.
- Bei Wechsellagerungen mit geringmächtigen Einzelschichten ist es nicht möglich, bei jedem Übergang das Innenkernrohr zu ziehen. Relativ hohe Kernverluste sind, vor allem in den sandigen Lagen, häufig nicht zu vermeiden. Falls möglich, sollten die Teilstücke der jeweils vorgesehenen gesamten Kernstrecke in bindigen Formationen enden. Dies ist abhängig von der Erfahrung und dem Können des Bohrgeräteführers.
- Kernverlust ist beinahe die Regel, wenn in Kiesschichten gekernt wird. Geschiebemergel lässt sich zwar normalerweise gut kernen, in diesen Schichten kommen aber auch grobe Kiese vor, die dann zu Kernverlusten führen. Verstopft ein Stein die Krone nicht vollständig, wird bindiges Material in "Wurstform" in das Innenkernrohr gedrückt.

Aufschluss der Wasserverhältnisse

Grundsätzliches

Langfristige und genaue Beobachtungen von Grundwasserständen sind nur möglich, wenn das Bohrloch mit einem Pegelrohr zur Grundwassermessstelle ausgebaut worden ist. Die Entnahme von Wasserproben zur Beurteilung der Wassergüte ist ebenfalls nur aus einer Grundwassermessstelle möglich. Die DIN EN ISO 22475-1 erläutert die Ausbauarbeiten und gibt nützliche Hinweise:

- Wasser im Untergrund kann in verschiedener Weise auftreten. Ziel der Untersuchungen ist es, alle Wasservorkommen zu erfassen und vorhandene Grundwasserstockwerke festzustellen.
- Auch die Vorgänge beim Bohren (Durchörtern von Sperrschichten, laufende Wasser- und Bodenentnahme bzw. Wasserzugabe) können zu Fehlbeurteilungen der wirklichen, das heißt der vom Bohrvorgang unbeeinflussten Wasserverhältnisse führen.
- Bei der Ausführung von Baugrundaufschlussbohrungen kann deshalb die Einmessung der Wasserstände nur unter bestimmten Voraussetzungen ein zutreffendes Ergebnis liefern, z.B. wenn die Grundwasseroberfläche in einer gut durchlässigen Bodenschicht verläuft. In den meisten Fällen werden die Wasserstände bei der Durchführung von Aufschlussbohrungen jedoch durch den Bohrvorgang beeinflusst.
- Die Messung der Wasserstände führt i.d.R. zu unrichtigen Werten, wenn beim Bohren
 - mit Spülung oder Dickspülung,
 - mit Spülhilfe,
 - mit Wasserüberdruck,
 - mit Wasserzusatz oder
 - mit zu großem Bohrfortschritt gearbeitet wird,

oder wenn

- die notwendige Verrohrung den Wasserausgleich behindert oder
- die Bohrlochsohle durch sedimentierte Feinbestandteile zugesetzt ist.

Für eine zutreffende Angabe der Wasserstände ist es i.d.R. erforderlich, die Baugrundaufschlussbohrung nachträglich mit Messpegeln zu versehen.

- Alle Wasserstände sind mit einer Messgenauigkeit von 1 cm festzustellen und im Schichtenverzeichnis bzw. als Anlage mit Datum und Uhrzeit zu vermerken.

Routinemäßig sind mindestens bei Arbeitsbeginn und -ende die Bohrlochwasserstände einzumessen sowie zusätzlich, wenn während der Bohrarbeiten Veränderungen der Wasserstände auftreten.

Sobald bei einer Baugrundaufschlussbohrung Wasser im Bohrloch angetroffen wird, ist der Bohrvorgang zu unterbrechen und der Wasserstand nach einer Bohrpause einzumessen.

In gut durchlässigen Böden beträgt die Bohrpause ca. 5 Minuten. In weniger durchlässigen Böden ist i.d.R. ein Ausgleich des Wasserspiegels im Bohrloch während einer kurzen Bohrpause nicht zu erreichen.

Ausbau und Beobachtung von Grundwassermessstellen

Die Herstellung von Grundwassermessstellen im Baugrund wird durch die DIN EN ISO 22475-1 beschrieben. U.a. sind die Hinweise auf Vorschriften und Regeln von DVWK und LAVA zu beachten.

Die Grundwasserrichtlinie 1/82 empfiehlt:

- Für Grundwasserbeobachtungsrohre kommen nur dauerhafte und widerstandsfähige Werkstoffe in Frage, z.B. normalwandige, verzinkte nahtlose Stahlrohre oder Kunststoffrohre. Für die Untersuchung der Grundwasserbeschaffenheit muss dem Rohrwerkstoff besondere Beachtung geschenkt werden.

Folgende Schlitzweiten werden empfohlen:

Filterkieskörnung [mm]	1 - 2	2 - 3,15	3,15 - 5,6	5,6 - 8
Filterschlitzweite [mm]	0,5	1	2	3

- Die Nennweite der Grundwassermessstelle soll in der Regel 125 mm betragen, damit eine fachgerechte Wasserprobenentnahme erleichtert wird (Einbringung einer kleinen Unterwasserpumpe). Das Filterrohr soll entsprechend der Lage und Mächtigkeit des maßgebenden Grundwasserleiters eingebaut werden. Die Filterlänge soll nicht weniger als 2 m betragen. Anordnung und Länge des Filters können einen entscheidenden Einfluss auf die Messergebnisse haben. Die Filterkiesschüttung soll mindestens einen Meter über Filterrohroberkante reichen. Die Schlitzweite der Filter muss das Eindringen von Filterkies in das Beobachtungsrohr sicher verhindern.

Der Bohrdurchmesser muss eine Filterkiesschüttung rings um das Beobachtungsrohr ermöglichen. **Nach DIN 4924 soll sie folgende Stärke haben:**

Filterkorndurchmesser [mm]	0,25 - 2	2 - 8
Stärke der Filterschicht [mm]	50	80

Unter der Filterstrecke sollte ein bis zu 1 m langes, nach unten verschlossenes Sumpfrohr angeordnet werden. Die Oberkante der Messstelle soll in der Regel ca. 1 m über Gelände liegen. An der Geländeoberfläche ist der Rohrabschluss mit einer 60 cm bis 100 cm tiefen Betonfüllung zwischen Bohrlochwand und Rohrwand stand- und frostsicher anzulegen. Ist eine Gefährdung der Messstelle nicht auszuschließen, so ist die Rohroberkante 15 cm bis 20 cm unter Gelände zu verlegen. Durch geeignete Vorkehrungen (z.B. Hydrantenkappe nach DIN 4055) ist der Rohrabschluss zu sichern.

gelohr zu schütten. Auch beim Einbringen des Filters ist in das Pegelrohr ständig Wasser nachzufüllen, um den Wasserstand höher als im Bohrrohr zu halten.

- Der Filterkies ist sorgfältig und kontinuierlich in kleinen Mengen so einzubringen, dass keine Verstopfung entsteht.
- Bei verrohrten Bohrlöchern müssen die Mantelrohre gleichzeitig mit dem Schütten des Filterkieses gezogen werden. Der Rohrschuh soll dabei etwa 0,3 m bis 0,5 m unterhalb der jeweiligen Oberfläche der Filterschüttung stehen, was durch Loten zu verfolgen ist.
- Oberhalb der eingebauten Filterkiesschüttung wird eine 1 m starke Tonabdichtung eingebaut. Der Ringraum oberhalb der Tonabdichtung kann, falls vorhanden, mit geeignetem Bohrgut verfüllt werden. Unmittelbar oberhalb der

Tabelle 1 – Mindestbohrenddurchmesser in Abhängigkeit vom Ausbaudurchmesser und Abdichtungsmaterial bei Trocken- und Spülbohrungen

Ausbaudurchmesser in mm		50**	65	80	100	115	125
Mindestbohrenddurchmesser in mm bei Suspensionen*	Spülbohren	187,3 (7 ³ / ₈ "	193,7 (7 ⁵ / ₈ "	222,3 (8 ³ / ₄ "	244,5 (9 ⁵ / ₈ "	244,5 (9 ⁵ / ₈ "	279,4 (11"
	Trockenbohren	219	273	273	324	324	324
Mindestbohrenddurchmesser in mm bei Tonformlingen	Spülbohren	222,3 (8 ³ / ₄ "	244,5 (9 ⁵ / ₈ "	244,5 (9 ⁵ / ₈ "	304,8 (12"	304,8 (12"	304,8 (12"

* Suspensionsabdichtungen werden bei Trockenbohrungen nicht empfohlen

** Einschränkung: Schlecht befahrbar mit technischen Geräten (z. B. Pumpen, Messsonden, Datenlogger)

Tabelle 1 aus dem DVGW Arbeitsblatt W121

In der DIN EN ISO 22475-1 und im DVGW Arbeitsblatt W121 wird der Einbau der Pegelrohre und das Einbringen des Filterkieses sowie das Verfüllen des Bohrlochs beschrieben:

- Die Pegelrohre werden möglichst zentrisch in das Bohrloch abgelassen. Sie sind dazu mindestens unterhalb der Filterrohre mit Distanzhaltern zu versehen.
- Zum besseren zentrischen Einbau der Pegelrohre werden alle 2 m Abstandshalter am Aufsatzrohr befestigt. Jedoch ist zu beachten, dass die Abstandshalter konstruktiv so gefertigt sind, dass ein Abloten und der Einbau der Filterkiesschüttung ohne "Aufhängen" des Filterkieses möglich ist.
- Die Oberkante des Pegelrohres ist sofort nach dem Einbau so einzumessen, dass ein Mitgehen des Pegelrohrs beim Ziehen der Verrohrung rechtzeitig erkannt und verhindert werden kann.
- Um eine etwaige Schlammhaut am Filterrohr zu beseitigen, ist unmittelbar vor Einbau des Filterkieses etwa ein Eimer Wasser in das Pe-

Kiesschüttung darf kein Boden eingebaut werden, der diese verunreinigt.

Teilweise werden Bohrungen nicht auf ihrer vollen Länge mit Pegelrohren ausgebaut, so dass der Bereich unterhalb des Pegels zuerst verfüllt werden muss. Falls kein geeignetes Bohrgut vorhanden ist, sollte ein Füllkies verwendet werden, damit die später zu erwartenden Setzungen so klein wie möglich gehalten werden. Ungeeignetes Material, wie z.B. bindige Bodenklumpen, führen zu einem Aufhängen des Bodens. Das kann zur Folge haben, dass sich plötzlich Setzungen einstellen und der Filterkies am Filterrohr wegläuft. Dies hat zur Folge, dass der Pegel unbrauchbar wird.

- Alle Sperrschichten, die Grundwasserstockwerke trennen, sind wieder herzustellen. Dies kann mit Tonkugeln, Bentonit-Zement-Gemischen oder Bentonit-Schwerspat-Gemischen geschehen.
- Die Abdichtung ist beim Einbau ständig mit einer Wassersäule zu belasten, die im Bohrrohr höher reichen muss als die Druckhöhe des dar-



unter liegenden Grundwasserstockwerks. Nach Einbringen des Tons wird die Verrohrung bis 30 cm unterhalb der Oberfläche der Tonabdichtung gezogen.

In der Praxis werden die Wartezeiten bis zum weiteren Verfüllen des Bohrloches oft nicht eingehalten. Wird über der Tonabdichtung jedoch eine Füllsandschicht aufgebracht, kann auf Wartezeiten verzichtet werden, da die Belastung mit dem Porenwasser des Füllsandes ermöglicht wird. Soll oberhalb des Grundwasserspiegels eine Tonabdichtung gegen das Eindringen von Oberflächenwasser eingebaut werden, wird empfohlen, Ton oder vorgeweichte Tonkugeln einzubauen.

Nach Herstellung einer Grundwassermessstelle ist ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen. Das Ergebnis ist in einem Arbeitsbericht festzuhalten:

- ausgespiegelter Wasserstand im Messrohr vor der Prüfung.
- Wasserstand nach Abpumpen.
- Messung des Wasserstandes mit Uhrzeit und Datum beim Wiederanstieg bis zum Erreichen eines ausgespiegelten Wasserstandes.

Da nach Fertigstellung der Grundwassermessstelle oft noch Setzungen stattfinden, ist die Pegelrohroberkante erst nach einigen Tagen auf [mNN] einzumessen und die Messung ggf. nach einiger Zeit zu wiederholen.

Entnahme von Wasserproben

Wasserproben für chemische Untersuchungen der Beton- und Stahlaggressivität aus einer Grundwassermessstelle sollten immer durch qualifiziertes Fachpersonal entnommen werden. Die Bohrung muss hierfür zu einer Grundwassermessstelle ausgebaut werden.

Grundsätzlich sind aus Brunnen oder Grundwassermessstellen zuverlässigere Proben als aus Bohrlöchern zu erwarten, weil die Beschaffenheit des Grundwassers durch den Bohrvorgang verändert wird. Bohrungen, die zu Grundwassermessstellen ausgebaut werden sollen, dürfen nicht mit Spülungszusätzen hergestellt werden, wenn die Pegelrohre einen Innendurchmesser $d_i < 100$ mm aufweisen. Wenn Wasserproben für chemische Untersuchungen entnommen werden sollen, dürfen keine Spülungszusätze verwendet werden.

Soll nur einmalig eine Wasserprobe entnommen werden, ist das Bohrloch zu einer temporären Grundwassermessstelle auszubauen. In diesem Falle wird ein Filterrohr in den Grundwasserleiter eingebaut, eine Filterkiesschüttung und eine Tonabdichtung eingebaut und die Bohrlochverrohrung bis zur Tonabdichtung angezogen. Nach Entnahme der Wasserprobe wird das Pegelrohr wieder ausgebaut, das Bohrloch gesäubert und ggf. die Bohrarbeiten weitergeführt.

Die Entnahmestellen sollen nach den Erfordernissen der vorliegenden Bauaufgabe unter Berücksichtigung der örtlichen geologischen und hydrologischen Verhältnisse festgelegt werden. Darüber hinaus sind in der näheren Umgebung von Industrieanlagen, von dicht besiedelten Wohngebieten, von Ablagerungen von Abfallprodukten und von Schüttungen von organischen oder auslaugfähigen Böden aus **mindestens zwei verschiedenen Stellen Wasserproben** zu entnehmen. Bei mehreren Grundwasserstockwerken kann die Entnahme aus jedem Stockwerk notwendig sein.

Die Untersuchung der Betonaggressivität des Grundwassers wird in der DIN 4030 geregelt:

Die Wasserprobe muss aus frisch angesammeltem Wasser entnommen werden. Abgestandenes oder verschmutztes Wasser ist vorher abzupumpen. Dies ist in einwandfreier Weise nur bei der Entnahme aus Brunnen und Grundwassermessstellen möglich; bei Bohrlöchern ist der erforderliche Wasserzufluss nur in einem grobsandig kiesigen Grundwasserleiter **ohne Feinanteile** gegeben.

Literatur

ARNOLD, Werner (Hrsg., 1993): Flachbohrtechnik. Dt. Verl. für Grundstoffindustrie, Leipzig, Stuttgart

bbr-Lehrbuch (1989): Brunnenbau. In: bbr 40, Nr. 6, S. 393-400

BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg., 1982): Zusätzliche Technische Vorschriften - Wasserbau (ZTV-W) für Baugrunderschließung und Bohrarbeiten (Leistungsbereich 203)

BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg., 11/1987): Standardleistungskatalog für den Wasserbau: Baugrunderschließung und Bohrarbeiten (Leistungsbereich 203)

BRÜGGEMANN, K. & A. TOUSAIN (1989): Die Erkundung von Boden und Fels im Verkehrswege-, Grund- und Wasserbau. Werner, Düsseldorf

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg., 1991): Erkundung und Untersuchung des Baugrunds: Normen. 5. Aufl. (DIN Taschenbuch 113), Beuth, Berlin, Köln

LANDESGEMEINSCHAFT WASSER (Hrsg.), ARBEITSKREIS "GRUNDWASSERVERMESSUNG" (1982): Grundwasser. Richtlinien für Beobachtung und Auswertung. Teil 1, Grundwasserstand.

STADE, H. (1973): Die verschiedenen Bohrverfahren und ihre Eignung für den Baugrundaufschluß. (Referat, Seminar T421, Baugrund- und Aufschlußbohrungen: Bohrverfahren und Entnahmegerate, 17. - 19. Jan. 1973). Technische Akademie e.V. Wuppertal

WOLF, M. (1988): Bohrwerkzeuge im Brunnenbau. In: bbr 39, Nr. 6, S. 241-245